

Effekt av koffein på fysisk prestasjonsevne i utholdenhetsidrett

Prosjektoppgave i medisin

Av: Jonas Kinge Bergland

Veileder: Jan Bjørn Osnes

Universitetet i Oslo. Det medisinske fakultet

Effekt av koffein på fysisk prestasjonsevne i utholdenhetsidrett

Jonas Kinge Berglund

Universitetet i Oslo, Det medisinske fakultet, 2007

Abstract:

The intension of this study, was (1): to find out what effects the ingestion of caffeine had on (VO₂-max), lactate, RQ, heartfrequensey and the athletes own perception of restraining degree(Borg sqaes), and dependent on what we found (2): to discuss whether the decision of removing the substance from the IOC`s list of illegal substances in sports was appropriate. Four male, endurance-trained athletes participated in the trial, and each test-person(TP) completed two identical tests separated by six days. The TP would run at a predecided speed for 30 minutes, and then they were served a drink that on one of the days, was containing a relatively large concentration of caffeine. Then they ran another 30 minutes at the same speed. The speed was increased and the athletes would run another 25 minutes. After the 25 minute period the speed was increased step by step as for a VO₂-max test.

On comparison with the parameters with and without caffeine, we found no significant change on VO₂-max, RQ or HF on influence of caffeine. The lactate values after the VO₂-max task at the end of each trial, were increased in all the TPs on the day they ingested the caffeine-containing drink. The listed Borg values indicate that the TPs felt the running was easier after caffeinated intake. The maximum physiological effect due to caffeine is reached one hour after ingestion. We will assume that the observed effect of caffeine on the Borg sqaes is mainly due to a psychological phenomenon.

Although caffeine is now removed from the list of illegal substances, caffeine is still under surveillance by WADA. If the pattern of use is increased in a

considerable amount, the substance may be put back on the list of illegal substances.

1.0: Innledning

Koffein har i mange år vært et omstridt stoff i idrettslig sammenheng, samtidig som det er et svært vanlig og lett tilgjengelig næringsmiddel. Jeg vil med denne oppgaven belyse noe av problemstillingen rundt koffein som dopingmiddel og dets effekt på organismen under langvarig og maksimal fysisk belastning.

Koffein er verdens mest brukte sentralstimulerende stoff. Totalt årlig forbruk av koffein på verdensbasis er beregnet til 120 000 tonn (tidsskr Nor Lægeforen). Koffein forekommer i næringsmidler som kaffe, te, sjokolade og en rekke ulike energidrikker.

Historisk sett har koffeinholdig te blitt beskrevet allerede for nesten 5000 år siden. Kaffe ble først tatt i bruk av arabere for ca 1000 år siden.

Koffein har også en viss smertestillende effekt, noe som gjør at koffein også brukes i enkelte legemidler som hodepinetabletter og migrenemedisin.

Vanlig kaffe inneholder vanligvis 40-80 mg koffein pr desiliter. Noe mer i kokekaffe enn pulverkaffe og trakterkaffe. Te inneholder ca 25 mg/dl og coladrikker har rundt 10 mg/dl koffein. Kakao og sjokolademelk inneholder 3-5 mg/dl.

På verdensbasis finnes koffein i over 1000 reseptpliktige og 2000 reseptfrie legemidler. Disse varierer i et koffeinnivå på 30-350 mg pr tablett.

Et høyt koffeininntak defineres som et inntak høyere enn 750 mg pr døgn. Dette tilsvarer mer enn 6 store kopper kaffe pr døgn. Normalt forbruk hos en vanlig kaffedrikker ligger mellom 300-400 mg daglig.

Koffein er et vanlig stoff som daglig inntas av en stor andel av verdens befolkning. Kaffe er verdens mest populære drikk, og Coca Cola er en god nummer to. Som kjent inneholder begge disse produktene koffein. Europeiske nasjoner er ledende innen koffein - inntak per innbygger, og «verstingene» finner vi i Skandinavia og Nederland. I verden er gjennomsnitts inntaket av grønne kaffebønner 1 kg/person/år. I Europa er konsumet 5-13 kg/person/år. (Graham, 1998). (Grønne kaffebønner inneholder koffein, og inntaket av kaffebønner gir oss dermed et mål på inntak av koffein). Gjennomsnittsinntaket av koffein i USA er 225 mg / døgn. Slike koffeindoser gir skjerpet oppmerksomhet, økt velbefinnende, økt energi og økt fysisk utholdenhet.

Koffein blir oppfattet som et oppkvikkende stoff og dette skyldes den sentralstimulerende effekten. Man kan føle seg mer våken og konsentrert og får bedre reaksjonsevne.

Vanlige bivirkninger av et forholdsvis høyt koffein-inntak(rundt 750mg pr døgn) (tidsskr Nor Lægeforen).

- Økt vannlatning
- Økt utskillelse av magesyre
- Skjelvinger
- Angst, uro og søvnløshet.

Ved høyere inntak enn 750 mg får man mer alvorlige bivirkninger.

- Kvalme, oppkast, magesmerter
- Muskelkramper
- Nedsatt konsentrasjon, forvirring og vrangforestillinger
- Panikk anfall
- Uregelmessig puls
- Økt kroppstemperatur
- Økt blodtrykk
- Rødming

- Hodepine
- Kortpustethet
- Svimmelhet, øresus, hørsels og synsforstyrrelser.

I likhet med mange andre stoffer er koffein i svært høye doser dødelig. Men da må man opp i over 5000 mg pr døgn. Noe som er vanskelig å få til ved inntak av kaffe alene.

Koffein fyller mange av kriteriene for å være et avhengighetsskapende middel. Men forbruket betraktes ikke som et helsemessig eller samfunnsmessig problem. Koffein defineres derfor ikke som avhengighetsskapende middel i praksis og er ikke underlagt narkotikalovgivningen. Daglig inntak av koffeinholdige næringsmidler vil føre til en toleranseutvikling for virkningene av koffein. Man må ha en større dose for å oppnå ønskelig effekt. Dette medfører utvikling av abstinenssymptomer ved brå avslutning av forbruket. Slike abstinenssymptomer kan fortone seg som:

- Hodepine
- Angst
- Tretthet
- Energiløshet
- Økt irritabilitet.

Abstinenssymptomene forsvinner etter en ukes tid ved fortsatt avhold(tidsskr Nor Lægeforen).

Koffein blir brukt som kosttilskudd i idrett på grunn av dets oppkvikkende effekt. Det har også vært diskutert om det kan ha en positiv virkning på fysisk yteevne i utholdenhetsidretter, og derfor har stoffet vært ulovlig i høye doser(tilsvarende omtrent seks kopper kaffe). Grensen var ved 12mg/ml urin. Ettersom det var lovlig med inntak av koffein i doser som var under dette nivået, har koffein vært et nytelsesmiddel i grenselandet mellom lovlig og ulovlig. Det ble tatt av dopinglisten i 2004. Men før den tid har vi hatt flere dopingdommer i Norge grunnet inntak av koffein.

1.1: Metabolisme av koffein

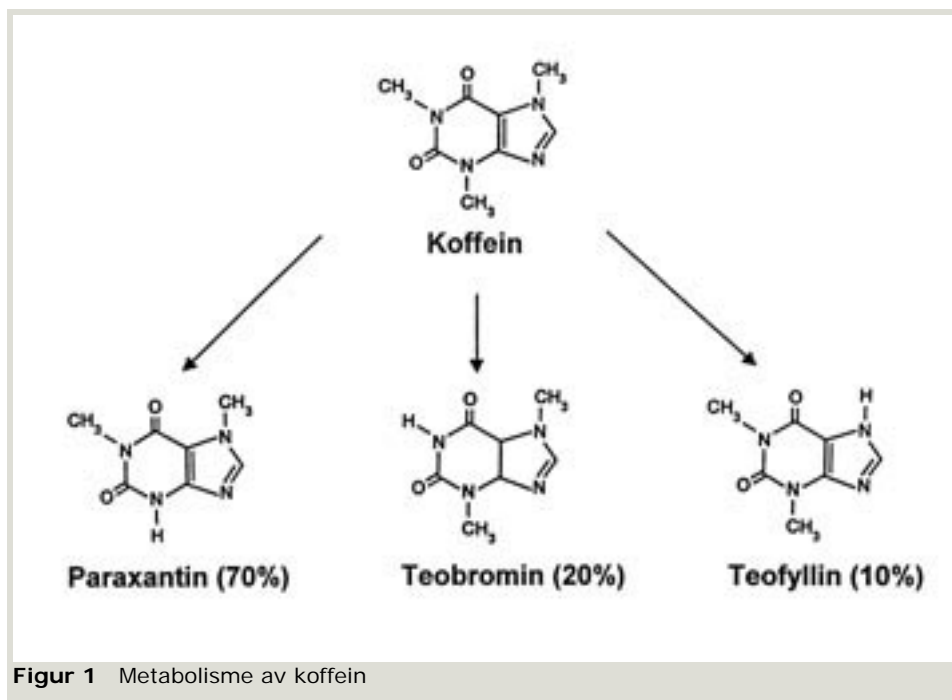
Koffein er et naturlig forekommende trimetylxantin, og finnes, som tidligere nevnt, i kaffebønner. Koffein finner vi også i en rekke matvarer og det selges over disk i land som Sverige i form av koffeinpiller. I Norge er koffeinpiller reseptbelagt. Stoffet virker direkte på sentralnervesystemet og medfører økt sympatikus aktivitet. Sympatikus aktivitet påvirker hjerte og blodkarsystemets funksjoner, og ved en øket aktivitet i denne delen av nervesystemet vil vi oppleve en lignende effekt som ved en økning i adrenalin nivået. Det har derfor av åpenbare grunner vært eksperimentert mye med koffein i idrettslig sammenheng.

Koffeinets kjemiske formel er $C_8H_{12}N_4O_2$. Opptaket av koffein fra tarmen er på rundt 99% innen 45 minutter. Det fraktes til leveren der det brytes hovedsaklig ned av cytokrom P-450(CYP). Koffein demetyleres til paraxantin, teobromin og teofyllin(se figur 1). CYP induseres av polysykliske aromatiske hydrokarboner, som blant annet finnes i tobakksrøyk og grillet/brent mat. Røykere bryter dermed ned koffein raskere enn ikke røykere. Dette er noe av grunnen til at folk som slutter å røyke ofte får en økt virkning av sitt kaffe-inntak.

Den viktigste virkningsmekanismen til koffein er en blokade av adenosin A1 og A2-reseptorer, og de fleste effekter medieres via denne mekanismen. I tillegg har koffein *in vitro* vist å ha en effekt på økt intracellulær calcium-konsentrasjon via direkte interaksjon med calcium-kanaler i sarkoplasmatiske retikulum (Kalmar, et.al. 2005). Samme studie omtaler også at koffein kan hemme enzymet fosfodiesterase. Begge disse effektene forekommer bare i konsentrasjoner som er så høye at de ville være toksisk *in vivo*, og ikke noe man oppnår ved et moderat koffeininntak via kaffe.

Koffeinets sentralstimulerende egenskaper fører til økt velvære, økt våkenhet med forsinket søvnbehov, økt energifølelse og bedring av visse kognitive funksjoner.

Disse funksjonene tilskrives stimulering av sympatikus-systemet av det autonome nervesystemet. I tillegg har koffein en tendens til å øke mobilisering av fett i energimetabolismen under langvarig fysisk aktivitet (Bell,et.al. 2003). I et forsøk gjort i 2003 der det ble forsøkt å kartlegge de fysiologiske parametrene som fant sted under påvirkning av koffein under langvarig fysisk aktivitet, fant man at mengden frie fettsyrer i blodet var økt hos de med koffein i forhold til placebo-gruppen. Men dette fant sted først senere på dagen og ikke i tilknytning til fysisk aktivitet. Den samme studien fant også at glukosenivået i blodet steg under påvirkning av koffein($3,7 \pm 0,6 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) mot placebo-gruppen($3,4 \pm 0,6 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$).



Copyright © 1999-2007 Norsk Helseinformatikk AS

1.2: Bruk av koffein i idrettslig sammenheng

Koffein er et sentralstimulerende preparat som virker oppkvikkende. De senere årene har en rekke sportsdrikker som er tilsatt koffein kommet på markedet. Red Bull er et av firmaene som står bak en slik sportsdrikk. Dette firmaet har gått inn som sponsor i ulike idretter, for eksempel flere kamp-sporter, triathlon og motorsport.

Koffein har en rekke fordeler i tillegg til de rent fysiologiske. Det er sosialt akseptert, lett å få tak i, billig og det kan inntas oralt. Disse fordelene finner vi ikke hos andre prestasjonsfremmende stoffer.

Koffeintilskudd under fysisk aktivitet har vært benyttet lenge. Mot slutten av en fem - mil på ski og andre harde utholdenhetsløp som for eksempel maraton, har utøverne ofte fått sterk

kaffe blandet med sukker, cola uten kullsyre, sportsdrikk eller blåbærsaft. Dette fordi det gir en sterkt oppkvikkende effekt. I de senere årene har koffein blitt tilsatt i flere såkalte energidrikker (Red Bull, Energy, Dark Dog, Battery Energy Drink, Magic Energy Kick) som selges med løfte om bedret utholdenhet og økt våkenhet. I idrettsmiljøene er det bare Red Bull som har blitt benyttet i noe særlig grad foreløpig. Koffein er blitt gjenstand for hyppig testing i idrettslig sammenheng. De fleste av disse viser at et moderat koffein-inntak ikke gir vesentlige utslag i ulike tester. De vanligste parameterne som har vært testet er maks-VO₂, blodlaktat, triglyceridnivå i blod, tid til utmattelse, anvendt tid på gitt distanse og hurtighet.

Koffein er i utgangspunktet et tillatt stoff innen idrettslig aktivitet, men bare inntil en viss grense. En idrettsutøver har ikke lov til å ha over 12 mikrogram koffein per milliliter i urinen. Ved verdier over dette, har koffein inntil 2004 blitt betraktet som et dopingpreparat, og stod derfor på IOC sin liste over forbudte preparater. Ved inntak av kaffe eller andre koffeinholdige drikker som selges lovlig i Norge, vil man vanskelig kunne nå så høye doser, fordi innholdet av koffein er så lite.

I et informasjonsskriv ("Information om nutrition för idrottsutövare utfärrad av ISME", ISME Institute for sport medicine and nutrition, D-64546 Mörfelden) hevdes det at en kan forbedre utholdenheten med opptil 25 % ved inntak av Red Bull. I tillegg påstås det også at inntak av Red Bull kan øke det maksimale O₂-opptaket med 12 %. Grunnlaget for påstandene er tester som skal ha funnet sted i Japan i 1980. Det er også publisert to tester i regi av Red Bull (Geiss et al. 1994, Jester et. al. 1997) som støtter disse påstandene. I disse testene ble Red Bull gitt til forsøkspersonene (FP) under en utholdenhetsøvelse. Deretter ble hver enkelt FP testet ved det intensitetsnivå de kunne prestere. Det går ikke fram hvor mange FP som deltar, hvordan testprotokollen var, hvilke signifikans nivå som er brukt eller hvilke parametre som er testet. Andre studier har gitt resultater av mer troverdig karakter. I en studie ble effekten av koffein testet under langvarig arbeid (ca 45 min) med intensitet på 75 % av VO₂ maks (French et. al. 1991). FP løp på denne belastningen inntil utmattelse. Dette studiet viste at FP løp noe lenger under påvirkning av koffein. Studiet viste derimot ingen signifikante forskjeller i hjertefrekvens, blodlaktat eller blodglukose. Det kunne derimot påvises en viss økning av triglycerid nivået i blodet ved inntak av koffein.

Resultater fra et forsøk der 1500 meter løpere på klubb nivå til nasjonalt nivå i England fikk 3 g koffein eller placebo, viste at løperne forbedret tiden på 1500 meter ($P < 0,005$) ved at de

blant annet økte hastigheten på sluttspurten ($P < 0,005$) og økte VO_2 ($P < 0,025$). VO_2 øker fordi hastigheten øker og FP har utført et større arbeid. Forsøket ble utført på tredemølle. Analyse av blodlaktat viste ingen statistisk signifikant forskjell mellom koffein og placebo. Det at koffein reduserer tretthetsfølelsen ble antydning å være hovedfaktoren bak disse resultatene (Wiles et. al. 1992).

Et annet forsøk gjort på en gruppe på syv erfarne syklister, viste at tiden de brukte på en 21 kilometer lang distanse, ikke ble forbedret ved inntak av ulike mengder koffein (Cohen et. al. 1996).

Men ulike koffeinrelaterte tester har gitt resultater når det gjelder tid til utmattelse på et submaksimalt nivå (60-80% av $VO_{2\text{-max}}$). I øvelser der utøverne har blitt totalt utmattet etter 30-60 minutter, har koffein vist seg å øke tiden til utmattelse med opptil 20-50%, sammenlignet med placebo (Faidon et.al. 2005). Den samme artikkelen beskriver effekten som langt dårligere jo kortere varighet av aktiviteten. I full sprint og i øvelser som var tidsbegrenset innen 8-20 minutter hadde koffein ingen effekt. Testene viste også at individer som var godt trent fra før og var godt vant med inntak av koffein, fikk de mest overbevisende resultatene.

Ut ifra dette kan vi se at koffein-inntak hos en godt trent person som vanligvis drikker kaffe, kan forbedre tid til utmattelse betraktelig, når arbeidsintensiteten foregår på et submaksimalt nivå (60-80% av $VO_{2\text{-max}}$). Den parameteren som tilskrives fysiologiske årsaker i henhold til denne effekten er frigjøring av frie fettsyrer i større grad ved påvirkning av koffein enn uten koffein. Ettersom ulike fysiologiske parametere ikke forandres ved inntak av koffein vil denne forbedringen tilskrives den sentralstimulerende effekten.

1.3: Koffein og doping

Doping er når en idrettsutøver bevisst bruker enhver form for inntak eller innsprøytning av medikamenter, eller bruk av andre metoder med det formål å bedre sin egen konkurransedyktighet og prestasjon på en kunstig måte.

Den mest vanlige formen for doping er anabole steroider som er kunstige hormonpreparater og har det formål å øke muskelmassen og gi større kraft. Bloddoping er blitt mer og mer populært, særlig fordi at sjansen for å oppdage denne formen for doping er vanskelig.

IOCs strenge regelverk for doping inkluderer også Coca-Cola, en av OLs hovedsponsorer. Koffein er registrert som et stimulus, og overdreven bruk av dette stimulantia har fra 1984-2004 vært forbudt.

I heftet "Doping", utgitt av Norges Idrettsforbund og Norges Olympiske Komité, var koffein klassifisert under gruppe 1 A: Stimulerende midler. Andre eksempler på slike stoffer er amfetamin, efedrin og kokain. Disse stoffene kan redusere tretthetsfølelsen, føre til nedsatt vurderingsevne og øke risikoen for uhell.

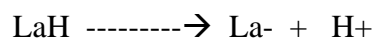
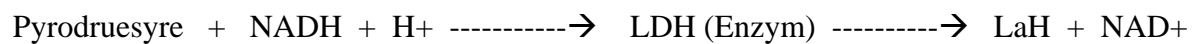
Til forskjell fra amfetamin, efedrin og kokain, er koffein et stoff som har vært lovlig inntil en viss grense. Koffein var frem til 2004 ansett som et ulovlig stoff ved inntak som førte til konsentrasjoner over 12 $\mu\text{g/ml}$ i urinen. I norsk sammenheng har det blitt tatt fem utøvere for misbruk av koffein de senere år. I ishockey i 2002, der straffen ble 6 måneders utestengelse og to tilfeller i sykkel også i 2002 noe som ga to års utestengelse. Det var også to tilfeller i 2003 i henholdsvis sykkel og langrenn. De siste to sakene fikk stor oppmerksomhet i media der begge utøvere ble navngitt. Begge utøvere anket imidlertid sine respektive saker og ble frifunnet. Dopingreglementet ble i 2004 omgjort slik at koffein nå er ansett som et lovlig stoff, ettersom, det ifølge WADA-direktør Rune Andersen, blir betraktet som et så svakt stimulus at det ikke lenger anses som prestasjonsfremmende.

Selv om WADA nå velger å ta koffein ut av lista, er det fortsatt diskusjoner rundt effekten av stoffet. Koffein er derfor et av de stoffene som WADA gjennom et overvåkingsprogram vil følge nøye. Dersom bruken av stoffet øker og om konsentrasjonene blir sterkere, vil det kunne komme på tale å sette det tilbake på dopinglista.

2.0: Teori

VO₂ maks er et mål på organismens evne til oksygenopptak per tidsenhet. Ettersom maks VO₂ betraktes som en så viktig del av den aerobe utholdenheten blir resultatene fra målingene av denne parameteren svært ofte benyttet som en indikator på utholdenhetsnivået (Åstrand og Rodal, 1986). Disse målingene blir gjort med avansert måleutstyr. Det er vanlig å dividere det tallet en får med kroppsvekten til FP slik at den endelige benevningen blir $\text{ml O}_2 / \text{kg} \cdot \text{min}$. For å øke sitt maksimale O₂ opptak må en blant annet trene med høy intensitet slik at hjertemuskulaturen blir optimalt belastet. Når en øker ventrikkelvolumet i hjertet øker en også det maksimale O₂ opptaket ettersom hjertet da har mulighet til å pumpe ut mer blod per tidsenhet.

Blodlaktat utvikles hvis energikravet i muskulaturen overstiger den aerobe kapasiteten. Da vil det ytterligere energikravet bli dekket av anaerob energifrigjøring. Dette skjer ved spalting av pyruvat til ATP og laktat.



Dette laktatet befinner seg i blodbanen, og kan måles ved å ta en blodprøve. Resultatene gir en indikasjon på hvor stort det anaerobe arbeidet er. Ved inntak av koffein har det vært spekulert i om koffeinet kan ha noen effekt på denne prosessen.

Kroppen får energi hovedsakelig fra fett, karbohydrater og proteiner. Forbrenning av fett gir mye energi. Ved fettforbrenning sparer en til en viss grad på karbohydratlagrene i muskulatur og lever. Undersøkelser har rapportert en økning i frie fettsyrer (FFA) i plasma etter koffeininntak i forbindelse med trening, men ofte ingen forandring i RQ (Graham, 1998). Det er da interessant å se om koffein kan øke arbeidstiden frem til utmattelse ved å spare på karbohydratene. Dette er et område som har vært gjenstand for mange studier, og resultatene fra slike tester konkluderer i stor grad med at koffein gir en liten forbedring av prestasjonsevnen i en rekke utholdenhetsaktiviteter.

Parameterne vi har testet er VO_2 , laktat, RQ, hjerterefrekvens og vi har benyttet Borgs skala for å kunne få en indikasjon på hvor sliten FP føler seg. Borgs skala er en nummerert skala der de ulike tallene angir et visst anstrengelsesnivå. Dette er en subjektiv test der forsøkspersonens oppfattelse av arbeidet blir vurdert av FP selv. Vi har tatt med denne parameteren ettersom koffeinet kan virke oppkvikkende, selv om man ikke kan påvise noen endring i de fysiologiske parametre. Vi er klar over at dette er en parameter det er knyttet mye usikkerhet til med hensyn på pålitelighet. Dette vil bli nærmere behandlet i diskusjonskapittelet.

Problemstilling:

Jeg ville i utgangspunktet finne ut påliteligheten av opplysningene Red Bull kom med i sine kampanjer. Red Bull inneholder blant annet koffein, sukker, vitaminer og aminosyren taurin. En boks Red Bull inneholder 0.33 l væske og 160 mg koffein. I utgangspunktet ville jeg teste ordinær Red Bull mot en Red Bull placebo. Det vil si en Red Bull uten koffein. Det viste seg at Red Bull var noe vanskelige å samarbeide med, og salg av Red Bull er forbudt i Norge. Jeg gikk derfor over til bruk av koffein piller som ble kjøpt i Sverige, og egenblandet saft, og bestemte meg for å teste hvor stor effekt den dobbelte koffein mengden av det som finnes i Red Bull hadde på fysisk prestasjonsevne i et standardisert utholdenhetsarbeid. Hensikten med forsøket, ble således dreid fra å teste effekten av Red Bull til å teste effekten av en gitt mengde koffein, samt en diskusjon vedrørende koffein og doping. Jeg fant det interessant å teste ulike utholdenhets parametere med og uten påvirkning av koffein. I tillegg gir prosjektet en god innføring i ulike testmetoder. Problemstillingen er derfor:

Effekt av koffein på fysisk prestasjonsevne i utholdenhetsidrett.

3.0: Metode

3.1: Utstyr og apparatur

Testene ble gjennomført på demonstrasjons laboratoriet ved Norges Idretts Høyskole, februar 2000.

3.1.1: Utstysliste

Tredemølle; Woodway

- 3 Stoppeklokker
- Pulsklokke; Polar sport tester
- Polar advantage (avlesing av pulsklokka)
- Polar Precision Performance 2.0 (programvare for behandling av resultatene)
- Laktat analysator; YSI 1500 SPORT
- Kapillarrør med heparin

- Autolet 2000 (blodprøve taking)
- Vmax 29, sensor medics (O₂-analysator)
- Rudolf ventil
- Munnstykke
- Neseklype
- Koffeintabletter kjøpt i Sverige
- Saft

3.1.2: Fysiologisk måleutstyr

Pulsklokken har en nøyaktighet på ± 2 slag per minutt.

Oksygen opptaket ble målt med helautomatisk ergospirometrisk analyse utstyr. For å samle inn ekspirasjonsluften ble det brukt en Rudolph ventil. Nøyaktigheten for VO₂ og RQ er definert til ± 2 %. (Oxygen Champion 1995). Instrumentene ble kalibrert før hver test.

Blod prøvene ble analysert med YSI 1500 SPORT, USA. Dette er et semiautomatisk instrument som måler [La] i heparinisert helblod. Feilprosent ± 2 % (YSI instruction manual). Mellom hver FP kalibrerte vi laktatanalysatoren med en laktat standard på 5,0 mmol/l og 15,0 mmol/l. Kalibreringen ble godkjent ved verdier mellom henholdsvis 4,9-5,1 og 14,6-15,4 mmol/l.

3.1.3: Annet utstyr

FP fikk en koffeindose som tilsvarte 5 mg koffein per kg kroppsvekt. Koffeinet ble løst i lunkent vann, og saft med champagnesmak ble tilsatt for å kamuflere koffeinsmaken. Drikken ble kjølt ned til romtemperatur før FP drakk den. Placebo besto av champagnesaft. Det var vanskelig å kamuflere koffeinsmaken helt, fordi koffein blakker vannet og smaker bittert. Første testdag visste ikke FP hva de fikk. Det er mulig noen skjønnte hva de fikk andre testdag, da de hadde drikken fra første test å sammenlikne med. Dette kan ha spilt inn på motivasjon og forventninger hos FP. Borg resultatene vil kunne påvirkes av dette siden de gjenspeiler FP sin subjektive tretthetsfølelse. VO₂, RQ og laktat påvirkes ikke av at FP har en følelse av hva han har fått å drikke. HF er en faktor som lett lar seg påvirke, sympaticus aktivitet er en av

flere faktorer som kan spille inn. FP som ikke er vant til denne formen for testing, kan bli litt nervøs. Under fysisk aktivitet regner vi imidlertid med at påvirkning fra andre faktorer enn intensitet og tid blir minimert. Spesielt gjelder dette under harde belastninger.

3.1.4: Tekniske feilkilder

Pulsmålingene foregår med pulsklokke. Ulike elektrisk apparater med sendere, kan slå inn på pulsklokkene og gi feilaktige signaler. Dette kan arte seg som usannsynlig høy puls ved lave belastninger.

Feil ved VO₂ målingene kan oppstå ved unøyaktig gasskalibrering, eller for dårlig ventilasjon i laboratoriet. Dårlig ventilasjon kan også gi feilaktige resultater på senere tidspunkt i forsøket ettersom gassammensetningen forandrer seg etterhvert som FP og forsøkspersonell puster ut CO₂. De overnevnte feilkildene ved VO₂ analysatoren virker også inn på RQ verdiene.

I forbindelse med laktatmålingene kan feil oppstå under selve prøvetakningen. For eksempel kan svette fra FP kan blande seg med blod under stikkingen og føre til uriktige resultater. Når det er sagt så gjorde vi selvfølgelig vårt ytterste for at disse faktorene skulle telle så lite som mulig, og gjennomførte prosedyren svært nøye. Kalibreringen av laktatanalysator kan bli unøyaktig hvis standardløsningen er forurenset, eller apparaturen ikke er skikkelig rengjort.

3.1.5: Biologiske feilkilder

Her må vi ta med i betraktningen at materialet er forholdsvis lite. Vi har kun brukt fire forsøkspersoner. Variabler som dagsform og treningstilstand hos hver enkelt FP vil kunne gi store utslag. En av FP var også i utgangspunktet helt uvant med å løpe sammenhengende i 90 minutter. Han kan dermed ha fått en viss treningseffekt gjennom forsøket, og dette vil kunne medføre en øket prestasjonsevne i siste test, uten at dette nødvendigvis skyldes koffeininntak.

Det har også vært vanskelig å kontrollere at de ulike FP har hatt et likt kosthold i forkant av hver test-dag. Det var blant annet viktig at FP ikke inntok koffeinholdige matvarer i

testperioden. Dette er noe de kan ha glemt, eller ikke sett på som viktig selv om vi poengterte dette ovenfor dem. Når det gjelder Borgs skala kan FP gi feilaktig informasjon ved rett og slett ikke være ærlig nok. Han kan for eksempel oppgi de verdiene han tror forsøkspersonellet har forventninger om å høre. På denne måten vil den sosiale underbevissthets virke inn på FP sin bedømmelsesevne.

I tillegg er det til en viss grad mulig å smake koffeinet i drikken. Hvis FP fikk placebo ved første testdag kan han sammenlikne smaken med drikken på andre testdag, og dermed skjønne at han nå får koffein. Dette kan virke psykisk inn slik at han føler seg ”piggere” fordi han tror han får koffein. Resultatet kan bli at han gir feilaktige Borg verdier. Forsøkene var relativt lange (90 min) og kanskje kjedelige for forsøkspersonen. Dette førte til en del småprat med forsøkspersonellet, som så kan ha virket inn på pulsmålingene. Dessuten hendte det ved et par anledninger at FP måtte på et kort do - besøk midt i forsøket. Dette er en faktor som kan ha virket inn på de parameterne vi målte.

Alt dette kan gi små utslag på de parameterne vi har målt, og kanskje også avgjørende utslag på om resultatene blir signifikante eller ikke.

3.1.6: Andre feilkilder

Urutinert forsøkspersonell kan utgjøre en viss feilkilde. Lite trening i ledelse av laboratorietesting og oppsett av testprosedyrer kan få følger for det videre arbeidet med resultatene. Vi har blant annet feilberegnet litt når det gjelder standardisering av testprosedyren. Behandling av resultatene hadde vært enklere hvis alle FP hadde hatt samme helning på tredemølla under opptrappingen. Dårlig timing og utførelse av ulike tester kan også gi unøyaktige og dårligere sammenliknbare resultater

3.2: Forsøkspersonene (FP)

Fire mannlige forsøkspersoner ble rekruttert fra NIHS student miljø. De var alle i god form. Tre av dem er aktive i utholdenhetsidretter (triatlon og langrenn), mens fjerdemann spiller

fotball. Grunnen til at vi valgte å ta med bare menn, var for å få en mest mulig homogen gruppe. Før de sa seg villige til å delta i forsøket, leste de gjennom ”Informasjonsskriv til forsøkspersoner”. Alle fikk opplyst at de når som helst, uten grunn, kunne trekke seg fra forsøket.

	Alder, år	Vekt, kg	Høyde, cm	Koffein, mg
FP01	27	70	182	350
FP02	21	65	176	325
FP03	22	73	185	365
FP04	23	82	179	410

3.2.1: Inklusjons kriterier

De kriteriene som ble lagt til grunn under utvelgelsen av FP var at de var menn mellom 18-35 år. De måtte være i stand til å løpe i 100 minutter i strekk på tredemølle.

3.2.2: Eksklusjons kriterier

Sykdom eller skade i testperioden.

3.3: Forberedelser

Alle FP fikk informasjon av forsøkslederne om hva testen innebar helt konkret. Et viktig poeng var at de måtte holde seg unna koffeinholdige produkter de siste 24 timene før forsøket (cola, kaffe etc.). Før selve testen var alle FP innom laboratoriet for å gjøre seg kjent med utstyret og tredemølla. Vi gjennomførte hele testprosedyren, pretest, med to FP (En med koffein og en uten koffein) en uke i forkant av selve testen. Vi fant hvilke hastigheter alle FP skulle løpe på, både under submaksimale belastninger og under opptappingen.

3.4: Testprosedyre

Forsøkspersonene møtte uthvilt og med treningstøy på laboratoriet. De skulle ikke ha inntatt koffein de siste 24 timene. Gjennom pretester fant vi hastigheten hver FP skulle løpe på første time og siste 25 minutt fram til opptrappingen. Vi fant også omtrent hvor lenge FP klarte å holde ut, og hvor mye vi kunne øke belastningen hvert minutt under opptrappingen til utmattelse.

Hastigheten den første timen varierte fra 8 km/t til 11,5 km/t. Siste 25 min varierte hastighetene fra 8,5 km/t til 12,5 km/t. Hastighetene ble anslått ut i fra VO₂max hos FP og deres subjektive vurdering av hvordan belastningen føltes under pretesten. Stigningen på tredemølla var 1 % for alle FP fram til opptrappingen. Da økte vi stigningen til 5,5 % for FP01, 10% for FP02 og FP03 og 5% for FP4.

3.4.1: Testprotokoll

Totalt varte testen i 100 minutter etter at hvileverdier var registrert. FP startet rett på den første submaksimale belastningen, og holdt denne i 60 minutter. Deretter løp FP i 25 minutter på en litt hardere submaksimal belastning. 85 minutter ut i forsøket økte vi vinkelen på mølla. Fra 86 minutter økte vi farten hvert minutt til FP nådde utmattelse (ca 5 minutter). Etter løping til utmattelse på tredemølla, kunne FP jogge rolig eller sitte i ro til vi skulle ta de siste avsluttende testene etter 100 minutter.

Laktat, HF, VO₂ og RQ ble målt i hvile. Under arbeidet ble HF registrert hvert minutt ved hjelp av pulsklokke. Laktat ble målt hvert 10. minutt under testen, umiddelbart etter testen og ca 10 minutter etter testen (100 min). VO₂ og RQ ble målt hvert 15. minutt under de submaksimale belastningene og kontinuerlig under opptrappingen. FP hadde munnstykket i munnen i ca 2 minutter, og vi brukte gjennomsnittet av to representative ½ minutts målinger som gjeldende resultat. Under opptrappingen brukte vi gjennomsnittet av to ½ minutts målinger som gjeldende resultat.

Borg resultatene ble registrert hvert 10. minutt under de submaksimale belastningene og hvert minutt under opptrappingen. Under opptrappingen anga FP med fingre hvor på Borg skalaen han lå.

Etter 30 minutters løping fikk FP væske. Væske inneholdt koffein eller placebo (Gøy champagne saft). FP visste ikke selv hva væsken han fikk inneholdt. Den ene test dagen fikk FP koffein, og den andre dagen fikk FP placebo. Tre FP fikk koffein første test dag, og en FP (FP4) fikk koffein andre testdag.

3.5: Prosedyre for laktat måling

FP sto på siden av mølla mens blodprøven ble tatt. Fingeren ble først tørket med en fille med destillert vann, og deretter tørket med en tørr ren fille. Fingertuppen ble punktert med nål (autolet 2000). Første bloddråpe ble tørket bort slik at ikke svette eller annen forurensning skulle komme med i prøven. Som nevnt under punkt 3.1.3, gjorde vi vårt ytterste for at denne prosedyren ble godt gjennomført for å unngå mulige feilkilder. Vi fylte et kapillarrør med blod og analyserte dette ved hjelp av laktatanalysator (YSI 1500 SPORT).

3.6: Borgs skala

Borgs skala er en numerisk skala fra 6 til 20 der FP angir sin grad av ubehagsfølelse i forhold til anstrengelsen han gjennomgår. 6 representerer svært lav anstrengelse og intet ubehag. 20 representerer maksimal anstrengelse og svært ubehagelig.

3.7: Statistikk

Statistiske beregninger ble gjennomført på MS Excel regneark og statistikk program på PC. Signifikans nivå ble satt til en p-verdi på 0,05.

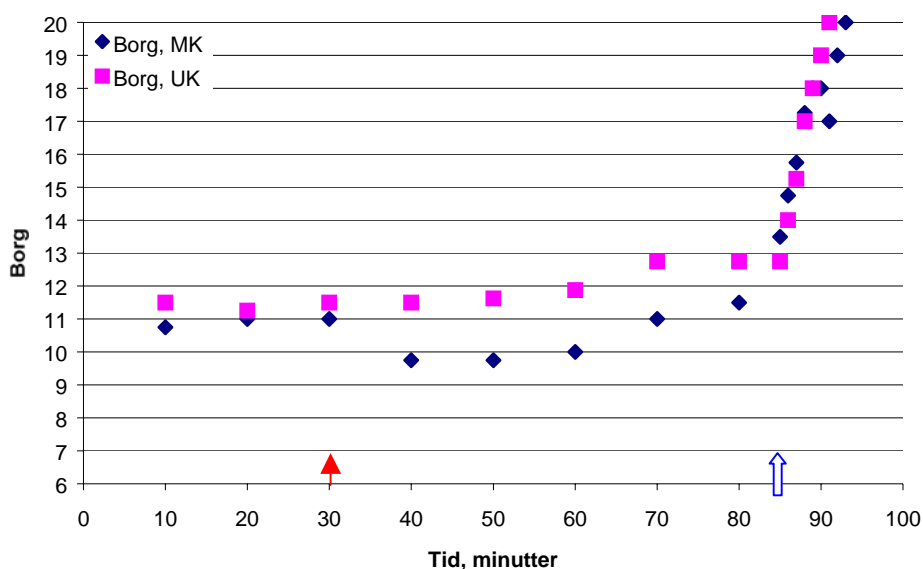
4.0: Resultater og diskusjon

4.1: Koffeinets effekt på subjektivt opplevd anstrengelse

Figur 1 viser en nedgang i gjennomsnittlige Borg verdier umiddelbart etter inntak av koffein. Den maksimale effekten av koffein har vist seg å komme ca 1 time etter inntak. I vårt forsøk vil det si under opptrappingen. Borg skalaen benyttes som tidligere nevnt til å angi FP sin subjektive oppfatning av den fysiske anstrengelsen. Disse observasjonene tyder på at FP føler seg piggere ved de samme belastningene med koffein som uten, til tross for at de fysiologiske

parameterne ikke viser noen signifikante forandringer ved inntak av koffein. Grunnen til at FP holder ut lenger på de høye belastningene med koffein enn uten, kan være nettopp den subjektive oppfattelsen av hvor anstrengende arbeid en utfører. Det er mulig at FP presser seg hardere når han tror han har koffein i kroppen, og dermed forventer at koffeinet skal gi effekt. Vi har tidligere i oppgaven nevnt vanskeligheten med å skjule koffeinsmaken, og vi kan ikke se bort i fra at FP har gjennomskuet innholdet i drikken. Dette kan ha gitt en psykologisk effekt, som har virket positivt på prestasjonen.

De fleste FP har høyere Borg verdier i starten av arbeidet enn ved tilsvarende belastning litt senere i testen. Dette skyldes antagelig en oppvarmingseffekt. FP starter rett på testen uten oppvarming



Figur 1: Gjennomsnittsverdier for Borg med og uten koffein gjennom forsøket.

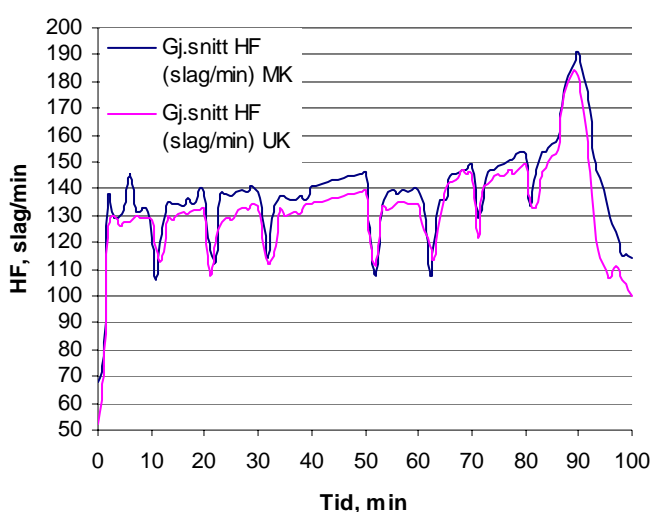
Rød pil markerer tidspunktet da FP ble gitt væske med koffein (MK) eller placebo (UK) etter 30 minutter. Blå pil markerer opptrapping. Det var en tendens til at FP følte at arbeidet ble lettere fra 10 minutter etter inntak av koffein. FP ga seg mellom 88 og 93 minutter.

4.2: Hjerterefrekvens i relasjon til koffeininntak

Ut i fra figur 2 kan vi ikke si noe sikkert om koffein har noen påvirkning på hjerterefrekvensen. Vi ser riktignok at HF-verdiene der FP har inntatt koffein er høyere gjennom hele forsøket. FP

fikk koffein først en halvtime ut i forsøket, men økningen skjer allerede fra starten. Tidligere forsøk (Hetzler et.al. 1994) har vist at koffeininntak ikke gir statistisk signifikant økning i HF under 1500 meter løp.

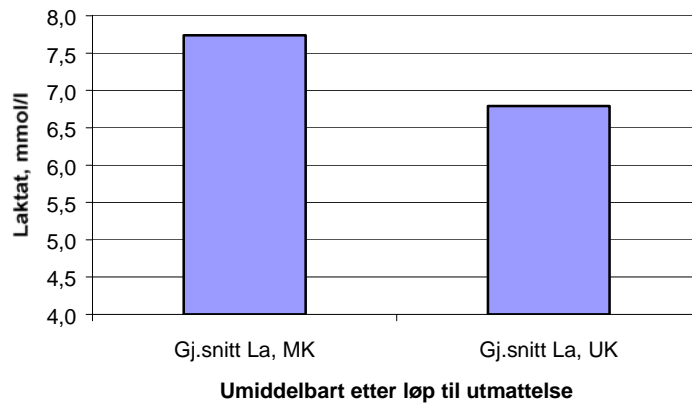
Under opptrapping er forskjellene i HF fra testen med og uten koffein minst. Dette kan tyde på at HF påvirkes av faktorer som ikke direkte har noe med koffeininntak å gjøre. For eksempel kan forstyrrelser fra andre apparat med sendere som befinner seg i nærheten gi utslag på målingene.



Figur 2: Gjennomsnittlig hjerterefrekvens for alle FP med koffein (MK) og uten koffein (UK). FP lå høyere i puls helt fra start den dagen de inntok koffein.

4.3: Laktat etter endt VO2 maks

Det er signifikant økning i laktatnivået ved påvirkning av koffein. Alle FP har et klart høyere laktatnivå umiddelbart etter det utmattende VO2 draget. I et forsøk hvor Red Bull ble testet mot blant annet Red Bull placebo uten koffein taurin og sukker, var også laktatverdiene høyere etter inntak av Red Bull med koffein (Geiss et. al., 1994). Vi har ikke funnet noen forklaringer på dette i den litteraturen vi har studert. Men en teori kan være at en tenkt metabolsk effekt fra koffeinet, kan være økt spalting av glykogen. Dette kan medføre et høyere laktat nivå ved endt anstrengelse.

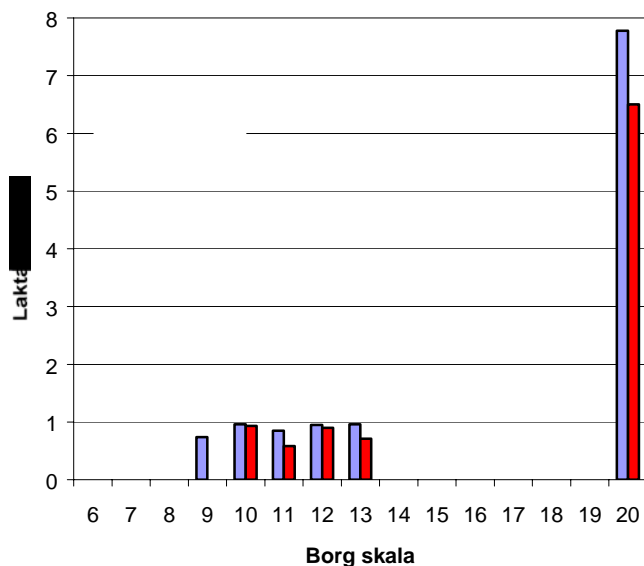


Figur 3: Gjennomsnittlige laktatverdier for alle FP umiddelbart etter løp til utmattelse. Laktatverdiene fra forsøket uten koffein lå lavere enn målingene fra løp til utmattelse med koffein hos alle FP.

4.4: Laktatverdier i forhold til Borg skala

Figur 4 gir ingen klare indikasjoner på at FP har lavere eller høyere laktat ved de samme Borgverdiene med og uten koffein. Det forekommer noen små forskjeller innimellom, men disse er ikke signifikante. FP kan ikke selv føle forandringen av melkesyreverdiene, da disse er på et nivå under det en er i stand til å merke. Det er derimot en viss forskjell på laktatverdiene etter den hardeste belastningen der FP oppga Borg til 20, som er det høyeste nivået av anstrengelse. Dette kan tyde på at FP presser seg hardere ved påvirkning av koffein og føler det samme nivået av anstrengelse som ved ingen påvirkning av koffein.

FP3 oppga 12,5 som Borg verdi. Skalaen opererer som kjent med hele tall, og dette skjedde dessverre uten at vi registrerte feilen med en gang. For å få en mer oversiktlig fremstilling av resultatene rundet vi dette opp til 13 i det øyeblikket vi oppdaget feilen. Likevel har vi latt 12,5 stå i resultatskjemaet, slik at vi skulle være oppmerksomme på denne feilkilden.

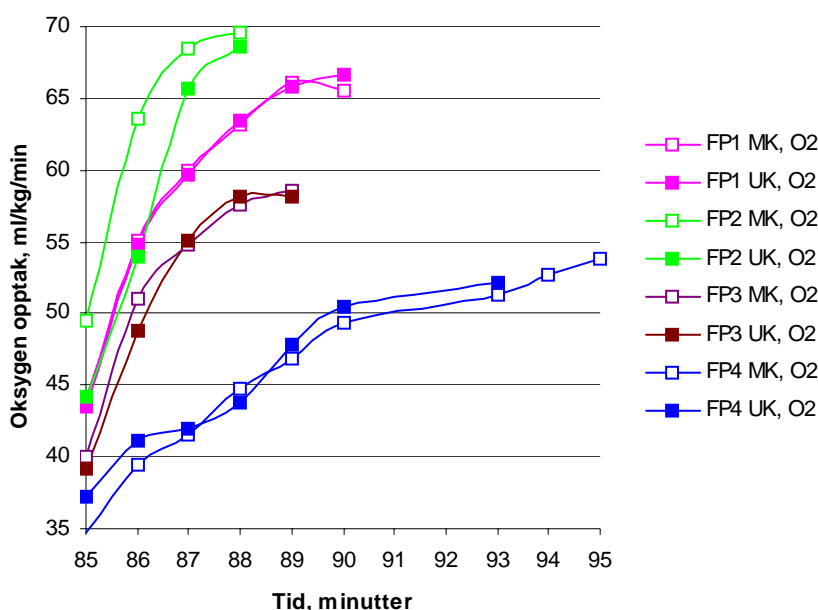


Figur 4: Gjennomsnittlige laktatverdier for alle FP i forhold til Borg verdier med og uten koffein. Under opptrapping ble det ikke tatt laktatprøver. Laktatverdien umiddelbart etter testen er satt som resultat for Borg verdi 20. Laktatverdiene var litt høyere under testen der FP inntok koffein. Ingen FP oppgav Borgverdier under 10 uten koffein.

4.5: O2-opptak med og uten koffein

Som figur 5, viser ligger kurvene for O₂- opptaket så å si på hverandre for de enkelte FP. Et unntak er FP 4 som holdt ut 2 minutter lenger på den testen der han fikk koffein. Årsaken til dette er vanskelig å si ettersom de andre FP ikke har en slik effekt. Vi vet fra før at dette er den av FP som i utgangspunktet var dårligst trent i perioden forsøkene ble gjort. Vi vet også at den dagen han holdt ut lengst var andre testdag. Ettersom han ikke var godt trent fra før, kan han ha oppnådd en viss tilvenningseffekt, eller et "psykologisk løft" av den første testen. Andre testdag visste han i større grad sin egen kapasitet, og dette kan ha motivert ham. Vi noterte oss nemlig at han virket mer motivert og opplagt på denne testdagen i forhold til den første. Dessuten kan han ha vært i den tro at han fikk koffein på denne dagen, og det kan ha gitt ham ytterligere motivasjon til å yte mer. Sett i lys av disse faktorene er det usannsynlig at

den økte varigheten på O₂-draget hadde noe med koffein å gjøre. Man ser at stigningen på max VO₂ hos FP 2 starter tidligere den dagen han fikk koffein. Dette er simpelthen grunnet i at hastigheten ble økt ett minutt tidligere enn testdagen uten koffein-tilskudd. Vi kan heller ikke se at koffein har gitt noen effekt på yteevnen hos de andre FP.



Figur 5: Oksygen opptaket under opptappingen for alle FP med og uten koffein.

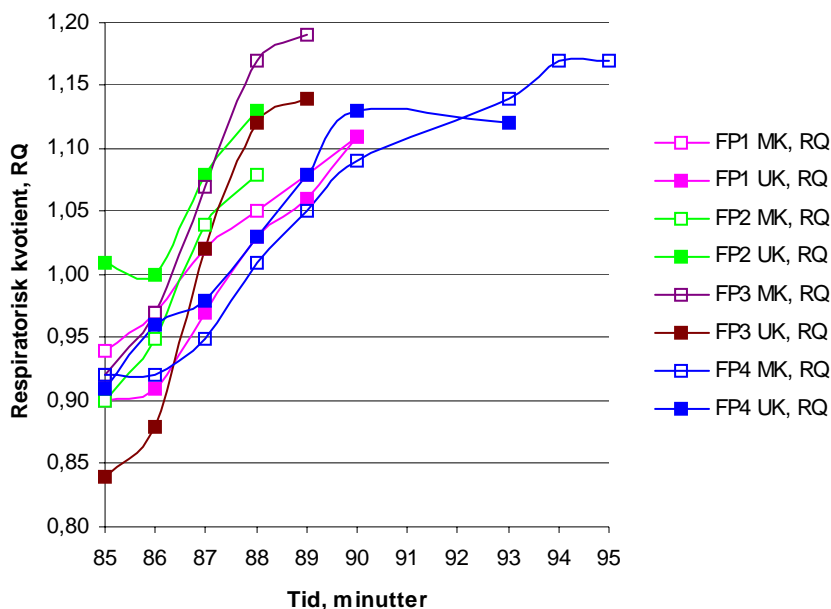
O₂ målingene fulgte de samme kurvene begge testdagene. FP4 holdt ut to minutter lenger med koffein. Gjennom resten av testen er O₂ opptaket stabilt ved hver belastning, og kurvene fra test med koffein og uten koffein følger hverandre.

4.6: RQ med og uten koffein

Figur 6 viser ingen klare tegn til at koffein gjorde utslag på RQ- verdiene. Det vi ønsket å finne, ut var om koffeininntak hadde noen effekt på fettforbrenningen og at det dermed virker inn på RQ. Vi kan på bakgrunn av disse resultatene ikke dra noen slutning på at dette er tilfelle.

Testskjemaene som er vedlagt, viser resultatene for alle forsøkspersonene. Vi har valgt å utelukke de submaksimale verdiene på figurene over O₂ og RQ i forhold til tid, med og uten koffein. Årsaken til dette er at verdiene varierte lite for alle FP på begge testdagene. Dessuten

valgte vi å legge vekt på å se variasjonen mellom de to testdagene på de maksimale belastningene. Ved kun å vise opptrappingen i figurene ble det mer oversiktlig i forhold til å sammenlikne effekten av koffein mot placebo.



Figur 6: Respiratorisk kvotient under opptrappingen for alle FP med og uten koffein. Det var ingen signifikant forskjell mellom verdier fra løp med og uten koffein de to testdagene.

4.7: Koffein og dopingreglementet

Vi ser ut ifra testene som er gjort at de fysiologiske parametrene ikke forandrer seg i tilstrekkelig grad til å gi bastante konklusjoner rundt koffeinets virkning på fysisk yteevne. Likevel er det et stoff som har vært på dopinglistene til IOC over flere år. Grunnen til at det nå er tatt av listen kan ha mange årsaker. Blant annet at koffein holdige produkter er såpass tungt inne i internasjonal idrett på det økonomiske plan. Store internasjonale merkenavn som for eksempel Coca Cola er med og sponser verdensomfattende idrettsarrangement i høy grad. Det er naturlig å ta med i betraktningen den innvirkningen de enorme markedskreftene en slik aktør har i en eventuell vurdering av deres eget produkt.

Dessuten har det i mange år vært diskutert hvor stor effekt koffein faktisk har. Som vi har sett er det liten konsensus på en forskningsbasert bakgrunn om stoffets innvirkning på organismen

totalt sett og til hvilken grad man skal tillegge eventuelle virkninger i en idrettslig sammenheng. Grunnlaget for at stoffet var listet som ulovlig i utgangspunktet gir grunn til spekulasjoner. Uansett er det i dag i en slags prøveposisjon der WADA i økt grad overvåker bruken av stoffet i idrettslig sammenheng. Og på denne måten kartlegges eventuell økt bruk av koffein i konkurranseidrett, med muligheter til å liste det som ulovlig igjen ved behov.

Jeg har selv i mange år konkurrert i langrenn på et relativt høyt nivå og har bred erfaring når det gjelder å få koffein holdige drikker mot slutten av lange konkurranser. Den subjektive oppkvikkende følelsen ved koffein inntak under ekstrem og langvarig belastning er så stor at en vanskelig kan tenke seg at det kommer av psykologiske faktorer alene. Nå er det jo også slik at en i tillegg får sukker og væske og dette vil i stor grad virke inn på det helhetlige bildet. Men dette har man fått under hele løpet i forkant, men da uten koffein, uten at det har den samme overbevisende effekten.

Det kan igjen diskuteres hvor god vurderingsevne en har, etter å ha gått det man klarer over flere timer. Og både de mentale og fysiske reservelagrene kan være svært tynnslette. Man kan tenke seg at en utøver i en slik tilstand vil tillegge en positiv forandring langt større verdi enn det som faktisk foreligger på et fysiologisk plan. Og dermed er den subjektive følelsen ”sensitivisert”, og forandringen kan oppfattes som svært ekstrem.

Med dette i tankene vil det være rimelig å anta at IOC`s argumenter for å gjøre stoffet lovlig i alle konsentrasjoner, er en veloverveid beslutning og ikke et resultat av press for å renske uheldige langrennsløpere og syklistene.

5.0: Konklusjon

Ved sammenlikning av parametere med og uten koffein, fant vi ingen signifikant forandring på VO₂, RQ eller hjerterefrekvens under påvirkning av koffein. På grunn av sin sentralstimulerende effekt kan det påvises at koffein kan gi forøket tid til utmattelse ved submaksimale belastninger. Men her er det satt hovedfokus på maksimale belastninger.

Laktatverdiene etter VO₂ maks- draget på slutten av testen, steg hos alle FP den dagen de fikk koffein. De oppgitte Borg verdier indikerte at FP følte løpingen gikk lettere etter inntak av koffein. Den maksimale fysiologiske effekten av koffein inntreffer først en time etter inntak. Vi kan derfor anta at koffeineffekten vi observerte på Borg skalaen hovedsakelig er et psykologisk fenomen.

Stoffet overvåkes fortsatt av WADA med tanke på å gjeninnsette koffein på listen over forbudte preparater om bruken endres i tilstrekkelig grad som følge av den nye lovendringen.

Referanseliste:

Olav Spigset.

Farmakologiske effekter av koffein. Tidsskriftet for norske lægeforening 2001; 121: 3080-1 ut

Magkos F, Kavouras S. A.

Caffeine use in sports. Pharmacokinetics in man and cellular mechanisms of action.

Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2005, 45; 535-562

Kalmar M.

The influence of caffeine on voluntary muscle activation.

Med. and Sci. Sports Exer. 2005, 37; 2113-2119

Bell D.G.

Repeated exercise performance and caffeine ingestion.

Med. and Sci. in Sports Exercise. 2003, 35; 1348-1354.

Geiss K. R, Jester I.

The effect of a taurine containing drink on performance in 10 endurance athletes.

Amino acids, 1997, 7; 45-56

Institute of sports medicine, university of Paleborn. Germany

French C, Mcnaughton L.

Caffeine ingestion during exercise to exhaustion in elite distance runners.

J Sports Med Phys Fitness. 1991, 31; 425-432

Wiles JD, SR Bird.

Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500m treadmill running.

Br. J. Sports med 26. 116-120. 1992

Cohen. Nelson. Prevost.

The effects of caffeine on 21 km bicycle road race.

Eur j. Appl. Physiol 73(3-4), 358-363. 1996

Åstrand P.O, Rodal K.

Textbook of work physiology. 1985, pp; New York; McGraw-Hill.

Graham T.E, Hibbert E.

Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion.

J. Appl. Physiol. 1998, 85; 583-9.

Hetzler R.K, Knowlton R.G,

Caffeine and exercise. 1994.